

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平11-508826

(43)公表日 平成11年(1999) 8月3日

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

E

C 2 1 D 10/00

C 2 1 D 10/00

C 2 3 C 26/00

C 2 3 C 26/00

E

// C 2 2 F 3/00

C 2 2 F 3/00

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 24 頁)

(21)出願番号 特願平9-539083
(86) (22)出願日 平成9年(1997) 4月25日
(85)翻訳文提出日 平成9年(1997)12月24日
(86)国際出願番号 PCT/US 97/07019
(87)国際公開番号 WO 97/41267
(87)国際公開日 平成9年(1997)11月6日
(31)優先権主張番号 08/638, 623
(32)優先日 1996年4月26日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), IL, JP, KR

(71)出願人 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
アメリカ合衆国、12345、ニューヨーク州、
スケネクタディ、リバーロード、1番
(72)発明者 マンナバ、シーサラメイアー
アメリカ合衆国、45241、オハイオ州、シ
ンシナティ、ティンバーオーク・トレイ
ル、9757番
(72)発明者 オーティス、エンジェル・ルイス、ジュニ
ア
アメリカ合衆国、12020、ニューヨーク州、
ボールストン・スバ、スリーピー・ゴ
ート、1番
(74)代理人 弁理士 生沼 徳二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 接着テープで覆ったレーザー衝撃ピーニング

(57)【要約】

金属部品をレーザー衝撃ピーニングする方法が、削摩媒質を持つテープ、好ましくは削摩層の片側に接着剤層を持つ自己接着テープによって接着で覆われた部品のレーザー衝撃ピーニング面に対して、レーザー・ビームを発射するこの面の上に水のカーテンを流しながら、レーザーを発射する。レーザー・ビームを連続的に発射しながら、部品とレーザー・ビームの間に連続的な移動を行わせ、この連続的な発射により、部品のレーザー衝撃ピーニング面に対して、比較的一定の期間の合間に反復的にパルスが発射される。削摩媒質を蒸発させるのに十分なエネルギーを持つレーザー・ビームを使う事により、パルスが前記面上にレーザー・ビーム・スポットを形成すると共に、レーザー衝撃ピーニング過程によって加えられた、前記面から部品の中に入り込む深い圧縮残留応力を持つ領域を形成する。

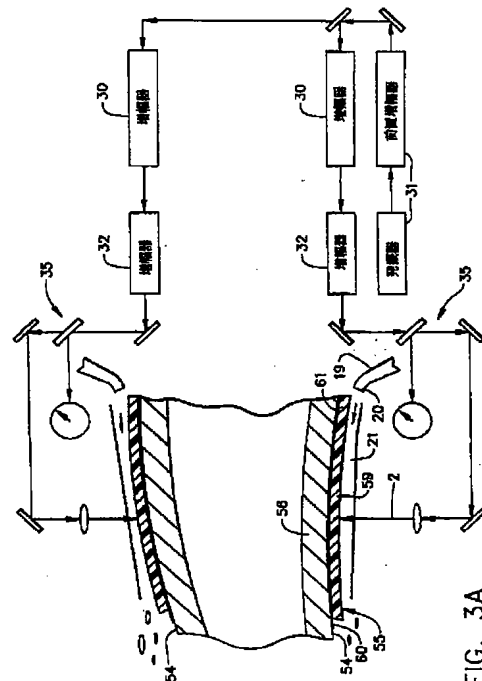


FIG. 3A

【特許請求の範囲】

1. 金属工作物をレーザ衝撃ピーニングする方法に於て、

削摩媒質を持つテープを用いて、工作物のレーザ衝撃ピーニング面を接着によって覆う事により、テープを貼った面を形成し、

レーザ・ビーム及び金属工作物の間で連続的な移動を行わせる間、工作物のテープを貼った面に対して、比較的一定の期間の合間に反復的にパルスが発生するレーザ・ビームを連続的に発射し、

前記パルスを用いて、テープの削摩媒質を蒸発させるのに十分なエネルギーを持つレーザ・ビームを発射して、テープ上にレーザ・ビーム・スポットを形成すると共に、工作物内に、当該領域がレーザ衝撃ピーニング面から工作物の中に入込むようなレーザ・ビーム・パルスによって加えられた深い圧縮残留応力を持つ領域を形成し、

その上にレーザ・ビームを発射するテープの上に流体カーテンを流して、相対的な移動が行われる間、重なり合うレーザ・ビーム・スポットのパターンを形成する工程を含む方法。

2. 更に、請求項 1 記載の方法を用いて、工作物の両側を同時にレーザ衝撃ピーニングする事を含む請求項 1 記載の方法。

3. 工作物を直線的に移動すると共に、レーザ・ビームを不動に保って、全体的に等間隔の直線上で整合する中心点を持つ 1 列の重なり合う円形レーザ・ビーム・スポットを発生する請求項 1 記載の方法。

4. 工作物を移動すると共にレーザ・ビームを発射して、隣接する列のスポットが重なり合うような、全体的に等間隔の直線上で整合する中心点を持つ 2 列以上の重なり合う円形レーザ・ビーム・スポットを発生する請求項 3 記載の方法。

5. レーザ・ビームを発射すると共に工作物を移動して、隣接する列にある隣接するスポットの中心点が、中心点が直線上で整合する線に沿った方向で全体的に同じ分だけ互いにずれるようにする請求項 4 記載の方法。

6. 1 組の順序を用いて、レーザ衝撃ピーニング面をレーザ衝撃ピーニングし、各々の順序は深い圧縮残留応力を持つ領域を形成する衝撃波が発生されるようなプラズマを発生するのに適したテープを用いて、前記面にテープを貼り、その

後、

連続的に工作物を移動させると共に不動のレーザ・ビームを前記面に連続的に発射して、前記組の相異なる順序で、隣接するレーザ衝撃ピーニングを受ける円形スポットに命中させるようにする工程を含む請求項 4 記載の方法。

7. レーザ・ビームを発射すると共に工作物を移動して、隣接する列にある隣接したスポットの中心点が、該中心点が直線上で整合する線に沿った方向に全体的に同じ分だけ互いにずれるようにする請求項 6 記載の方法。

8. 更に、複数個の前記順序を用い、略各々のスポットに、前記複数個の内の相異なる順序では 1 回より多く命中すると共に、任意の順序では 1 回だけ命中するようにする請求項 7 記載の方法。

9. 前記テープが、削摩媒質を含む削摩層の片側に接着剤層を持つ接着テープである請求項 1 記載の方法。

10. 前記面の一部分が前記接着テープの 1 つより多くの層で覆われている請求項 1 記載の方法。

11. 前記接着テープがプラスチック・テープである請求項 1 記載の方法。

12. 前記流体が澄明である請求項 1 記載の方法。

13. 前記澄明な流体が水である請求項 12 記載の方法。

14. 金属工作物をレーザ衝撃ピーニングする方法に於て、

工作物の表面部分に接着性支持体を接着する事により、接着性支持体を持つ金属箔で工作物の表面部分を覆い、

金属工作物を連続的に移動しながら工作物のテープを貼った面に対して比較的一定の期間の合間に反復的にパルスを発射する不動のレーザ・ビームを連続的に発射し、

前記パルスを用いて金属箔を蒸発させるのに十分なエネルギーを持つレーザ・ビームを発射して、該箔上にレーザ・ビーム・スポットを形成すると共に、工作物に、レーザ・ビームのパルス発射によって加えられた深い圧縮残留応力を持つ領域を形成して、該領域がレーザ衝撃ピーニング面から工作物の中に入込むようにし、

それに対して前記レーザ・ビームを発射する箔の上に流体カーテンを流して、
相対的な移動が行われる間、重なり合うレーザ・ビーム・スポットのパターンを
形成する工程を含む方法。

【発明の詳細な説明】

接着テープで覆ったレーザ衝撃ピーニング

関連する特許出願

この出願は、継続中の米国特許出願通し番号第 08/319,346 号、発明の名称「ターボ機械のレーザ衝撃ピーニング加工した回転子部品」、同第 08/373,133 号、発明の名称「レーザ衝撃ピーニング加工したガスタービン機関のファン羽根の縁」、同第 08/399,285 号、発明の名称「レーザ衝撃ピーニング加工したガスタービン機関の圧縮器の羽根の縁」、及び同第 08/362,362 号、発明の名称「走間レーザ衝撃ピーニング」と関連を有する。

発明の背景発明の分野

この発明はガスタービン機関の部品のレーザ衝撃ピーニング、更に具体的に云えば、レーザ衝撃ピーニングによって工作物に加えられた局在化した圧縮残留応力を発生する削摩媒質を含むテープで工作物のレーザ衝撃ピーニング加工面を接着して覆う事に関する。

関連技術の説明

レーザ衝撃ピーニング又はレーザ衝撃処理と呼ばれるのは、工作物の表面区域をレーザ衝撃ピーニング加工する事によって加えられた深い圧縮残留応力を持つ領域を作る過程である。典型的には、レーザ衝撃ピーニングは、高エネルギー・パルス型レーザからの多数の放射パルスを使って、米国特許第 3,850,698 号、発明の名称「材料の性質の変更」、同第 4,401,477 号、発明の名称「レーザ衝撃処理」及び同第 5,131,957 号、発明の名称「材料の性質」に記載される方法と同様に、工作物の表面に衝撃波を発生する。この業界で云われる、そしてこの明細書で用いるレーザ・ピーニングは、レーザ・ビーム源からのレーザ・ビームを利用して、塗装した又は被覆した又は被覆しない表面の瞬時的な削摩又は蒸発による爆発力を発生する事によって、表面の一部分に強い局在化した圧縮力を発生する事を意味する。レーザ・ピーニングは、工作物の外側表面に圧縮応力を加えた保護層を作る為に利用されてきたが、これは、米国特許第 4,937,421 号、発明の名称「レーザ・ピーニング・システム及び方法」

に記載されているように、工作物の疲労破損に対する抵抗力をかなり強める事が知られている。典型的には、こういう方法は、工作物の上に流す水のカーテンを用いる。水のカーテンが閉込め媒質となって、この過程で発生された衝撃波を閉込めると共に、それをレーザ衝撃ピーニング加工しようとする部品の材料のバルクに差向け、有益な圧縮残留応力を作り出す。この閉込め媒質は、この過程で発生された破片並びに使われなかったレーザ・ビーム・エネルギーを取去る為の担体としても役立つ。水は、ND:YAGビームの波長に対して透明であって、生産時に実現しやすいので、理想的な閉込め媒質である。レーザ衝撃ピーニング加工する部品上の削摩媒質を持つ工作物の表面と水との間の隙間を略ゼロにして、水のカーテンを連続的に接触した状態に保つ事が有用である事が判った。水のカーテンは1 mmより大きな深さに保たなければならない場合が多い。多くの表面張力効果及び部品の形状の為、隙間を略ゼロにし、所望の深さを保つのが困難で、その結果、期待されるLSP効果がなくなる。米国特許第13DV12153、発明の名称「レーザ衝撃ピーニングの方法と装置」には、水の収容及び水のカーテンの性質を高める手段が記載されている。

レーザ衝撃ピーニングは、どんな生産技術もそうであるが、機械を用いるものであり、時間がかかり、費用がかかる。従って、生産機械の量又は複雑さを少なくし、並びに／又は生産時間を短縮する技術があれば、どんな技術でも非常に望ましい。この発明は、時間がかかる塗装及び塗料乾燥工程をそれほど時間のかからないテープ貼り工程に置換えるものである。

この発明のレーザ衝撃ピーニングによって加えられた深い圧縮残留応力を持つ領域は、米国特許第5, 235, 838号、発明の名称「形のずれた工作物の形直し及び整流をする方法と装置」に記載されているように、レーザ・ビームを使って工作物を局部的に加熱して硬化させる硬化作業によって誘起される、局部的に区切られた圧縮残留応力を持つ工作物の表面層区域と混同してはならない。この発明は、高エネルギーのパルス型レーザからの多数の放射パルスを使って、米国特許第3, 850, 698号、発明の名称「材料の性質の変更」、同第4, 401, 477号、発明の名称「レーザ衝撃処理」及び同第5, 131, 957号、発明の名称「材料の性質」に記載された方法と同様に、工作物の表面に衝撃波を

発生する。業界で理解され、この明細書で使われるレーザ・ピーニングとは、レーザ・ビーム源からのレーザ・ビームを利用して、表面の一部に強い局在化した圧縮力を発生する事を意味する。レーザ・ピーニングは、工作物の外側表面に圧縮応力を加えた保護層を作る為に利用されてきており、これは、米国特許第 4, 9 3 7, 4 2 1 号、発明の名称「レーザ・ピーニング・システム及び方法」に記載されているように、疲労破損に対する工作物の抵抗力をかなり高める事が判っている。1つの問題は、レーザ衝撃ピーニング過程の製造コストが禁止的に高い事である。この発明のレーザ衝撃ピーニング過程は、レーザ衝撃ピーニング加工の為のコストを節約する方法となるように考案されている。

発明の要約

金属部品のレーザ衝撃ピーニング加工する方法が、削摩媒質を持つテープ、好ましくは、削摩層の片側に接着剤層を持つ自己接着テープによって接着して覆われた部品のレーザ衝撃ピーニング用のテープを貼った面に対してレーザを発射する。レーザ・ビームを発射した表面の上に水のカーテンを流す。特定の1つの方法は、部品を連続的に移動させる事を含み、その間同時に不動のレーザ・ビームを発射する。これによって部品の一部分の上に、比較的一定の期間をおいて反復的にパルスが加えられる。削摩媒質を蒸発させるくらいのエネルギーを持つレーザ・ビームを使うと、パルスがレーザ・ビームによって表面にレーザ・ビーム・スポットを形成すると共に、レーザ衝撃ピーニング過程によって、レーザ衝撃ピーニング加工された表面から部品の中に入込む、深い圧縮残留応力を持つ領域を形成する。部品を直線的に移動して、全体的に等間隔で直線的に整合する中心点を持つ少なくとも1列の重なり合う円形レーザ・ビーム・スポットを作る事が出来るし、隣接した列のスポットが重なり合うような、全体的に等間隔で直線的に整合した中心点を持つ重なり合う円形レーザ・ビーム・スポットの2つ以上の列を作るように、部品を移動し、レーザ・ビームを発射する事が出来る。レーザ・ビームの発射及び部品の移動は、隣接した列にある隣接したスポットの中心点が、中心点が直線的に整合する線に沿った方向に、全体的に、同じ量だけ互いにずれるようにする事が出来る。レーザ発射の各々の順序で、新鮮なテープを使って、こういう工程を繰り返す事が出来る。

この発明の別の実施例では、レーザ衝撃ピーニング用のテープを貼った面が、1組の順序を用いてレーザ衝撃ピーニング加工される。この時、表面の各々の順序にテープを貼り、その後部品を連続的に移動すると共に、不動のレーザ・ビームをこの表面に対して連続的に発射し、この組の相異なる順序で、隣接するレーザ・ショック・ピーニング加工した円形スポットが命中し、どの1つの順序でも、レーザ・スポットが重ならないようにする。更に特定の実施例では、隣接する列の隣接するスポットの中心点が、中心点が直線的に整合している線に沿った方向に、全体的に同じ量だけ互いにずれるように、レーザ・ビームの発射及び部品の移動を行う事が出来る。

利点

この発明の利点は数多くあり、コスト、時間、人力並びにレーザ衝撃ピーニングの複雑さを引き下げる事を含む。この発明は、退屈でコストがかかり、時間のかかる塗装、塗り直し及び塗料乾燥工程をそれほど時間のかからないテープ貼り工程に置換えるものである。更にこの発明は、塗装及び乾燥に要する機械と材料をいらなくし、塗料乾燥工程を省略する事によって、この過程を一層速くする。

この発明によって得られる利点の中には、高い引張り及び振動応力の場の中で動作するように設計された、羽根のようなガスタービン機関の部品の一部分の表面をレーザ衝撃ピーニング加工するコスト効率の良い方法がある。これによってこういう部品は、ファン羽根の前縁及び後縁にある刻み目及び裂け目による疲労破損に一層良く耐える事が出来ると共に、従来の構成のファン羽根よりも寿命が延びる。この発明の別の利点は、ファン及び圧縮機の羽根及びその他の部品を、コスト効率の良い方法で構成して、普通行われているように、前縁及び後縁に沿った厚さを増加する事なく、商業的に受け入れられる寿命スパンを持つようにする事が出来る事である。この発明は、費用のかかる設計のやり直しや、現在頻繁に行われ又は必要とされているように、疑いのあるファン羽根の頻繁な交換を避けながら、従来のガスタービン機関のファン羽根の安全で信頼性のある動作が得られるように、低コストの方法を用いて、現存のファン及び圧縮機の羽根を改造する為に有利に用いる事が出来る。

図面の簡単な説明

この発明の上記の面及びその他の特徴を、次に図面について説明する。図面では、

第 1 図はこの発明の実施例の方法に従って処理されるファン羽根の斜視図である。

第 2 図は第 1 図の処理の済んだファン羽根の断面図である。

第 3 図はテープを貼ってレーザ衝撃ピーニング・システムに取付けた第 1 図の羽根の簡略斜視図で、この発明の方法を例示している。

第 3 A 図は、第 3 図の設定の部分的な断面図並びに部分的な略図である。

第 4 図は、第 2 図のファン羽根の前縁に沿ったレーザショックピーニング加工した面上のレーザ衝撃ピーニング加工した円形スポットのパターンを示す略図である。

第 5 図は所定の順序内で重なり合う事のないレーザ衝撃ピーニング加工した円形スポットの 4 つの順序を持つ特定の图案の略図である。

発明の詳しい説明

第 1 図及び第 2 図には、この発明の 1 実施例によるレーザ衝撃ピーニングを行う一例の航空機用ターボファン・ガスタービン機関のファン羽根 8 が略図で示されている。ファン羽根 8 が、羽根の台部 3 6 から羽根先端 3 8 まで半径方向外向きに伸びるエーロfoil 3 4 を有する。ファン羽根 8 が、台部 3 6 から根元部分 4 0 の半径方向内側端 3 7 まで半径方向内向きに伸びる根元部分 4 0 を有する。根元部分 4 0 の半径方向内側端 3 7 に羽根の根元 4 2 があり、これが羽根の軸部 4 4 によって台部 3 6 に接続される。エーロfoil 3 4 は、エーロfoil の前縁 L E 及び後縁 T E の間で弦方向に伸びる。エーロfoil 3 4 の弦 C が、第 2 図に示すように、羽根の各々の断面で、前縁 L E 及び後縁 T E の間の線である。エーロfoil 3 4 の圧力側 4 6 は、矢印 V で示す全体的な回転方向を向いており、吸込み側 4 8 がエーロfoil の反対側にあり、中心線 M L が全体的に弦方向で 2 つの面の大体中間に配置されている。

ファン羽根 8 が、羽根の台部 3 6 から羽根先端 3 8 までエーロfoil 3 4 の前縁 L E に沿って伸びる前縁部分 5 0 を有する。前縁部分 5 0 が予定の第 1 の幅 W 1 を持っていて、前縁部分 5 0 は、エーロfoil 3 4 の前縁に沿って起こり

得る刻み目 5 2 並びに裂け目を持っている。エーロフォイル 3 4 は、機関の運転中に回転するファン羽根 8 によって発生される遠心力の為、かなりの引張り応力の場にある。エーロフォイル 3 4 は、機関の運転中に発生される振動も受け、刻み目 5 2 及び裂け目が高サイクル疲労応力の起こる場所となって、それらの周りに余分の応力集中を生じる。

刻み目及び裂け目に発生してそこから広がる恐れのあるひび割れ線に沿った羽根の一部分の疲労破損に対抗する為、圧力側 4 6 及び吸い込み側 4 8 の少なくとも一方、好ましくは両方が、第 2 図にみられるように、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 とレーザ衝撃ピーニング (L S P) によって加えられ、レーザ衝撃ピーニング面からエーロフォイル 3 4 の中に入り込む深い圧縮残留応力を持つ、予め応力が加えられた領域 5 6 とを有する。予め応力を加えられた領域 5 6 が、幅 W 1 の範囲全体まで、弦方向に前縁部分 5 0 と同長であって、幅 W 1 の少なくとも一部分に亘って合体するくらいに、エーロフォイル 3 4 の中に深く入っている事が好ましい。予め応力を加えられた領域 5 6 が、前縁 L E に沿って半径方向に前縁部分 5 0 と同長である事が示されているが、これより短くても良い。

第 3 図及び第 3 A 図には、この発明のレーザ衝撃ピーニング方法及び装置 1 に従って、「走間に」レーザ衝撃ピーニング加工を行う為に、羽根を移動し且つ位置決めする為に使われるロボット・アーム 2 8 に取付けられた羽根 8 が示されている。この発明を前縁部分 5 0 のレーザ衝撃ピーニングに使う場合を例示するが、この発明の実施例では、図示のように、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 が、接着テープ層 5 9 によって覆われていて、重なり合うレーザ衝撃ピーニング加工された円形スポット 5 8 を有する。従来のレーザ衝撃ピーニング過程では、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 は、レーザ衝撃ピーニングの各々の順序の前に塗装されている。然し、この発明では、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 を少なくとも 1 つのテープ層 5 9 で接着によって覆って、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面 5 5 を作る。然し、この発明では、2 つ以上の層を使う事も考えられ、それも特許請求の範囲に含まれる。テープ 5 9 は良好な削摩媒質であると共に接着性媒質であるべきである。テープ 5 9 が、第 3 A 図に示すように、接着材料の接着層 6 0 と削摩材料の削摩層 6 1 を持つ自己接着性である事が好ましい。削摩層の適当な材料

は、ビ

ニル・プラスチック・フィルムのようなプラスチック及び箔を含む。テープ59に対する適当な1つの供給源はスコッチ・ブランドNo. 471のプラスチック・フィルム・テープであり、これに厚さ約4ミルの黒色顔料入りのビニル・プラスチックの支持体及び厚さ約1ミルのゴム接着層を設ける事が出来る。接着層を持たないテープ59の形をした削摩媒質を、レーザ衝撃ピーニング面54に直接的に適用した適当な接着材料と共に使う事が出来る。テープ59を衝撃ピーニング面59にこすりつけ又はその他の方法で圧接して、テープとレーザ衝撃ピーニング面の間に泡が残るのを除くべきである。テープは、この発明では、面54の被覆と考えられる。ファン羽根8は、羽根の台部36から羽根先端38までエーロフォイル34の後縁TEに沿って伸びる後縁部分70をも有する。後縁部分70は予定の第2の幅W2を持ち、第2図にみられるように、レーザ衝撃ピーニング面54、及びレーザ衝撃ピーニング(LSP)によって加えられ、レーザ衝撃ピーニングが加えられた面からエーロフォイル34に入り込む深い圧縮残留応力を持つ、予め応力が加えられた領域56を形成する事が望ましい。

閉込め手段は、給水管19の端にある給水ノズル20から供給された水21のような澄明な流体のカーテンである。図に示すレーザ衝撃ピーニング装置1がレーザ・ビーム装置を含む。この装置は、発振器及び前置増幅器を持つ発生器31と、予め増幅されたレーザ・ビームを、何れも夫々第1及び第2の増幅器30、32を持つ2つのビームの光学伝送回路に供給するビーム分割器と、レーザ・ビーム2を伝送すると共に、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面55に集束する光学素子を含む光学系35とを含む。制御装置24を使ってレーザ・ビーム装置を変調すると共に、制御された形でレーザ・ビーム2をレーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面55に発射する事が出来る。

予め圧縮応力が加えられた領域56でレーザ・ビームの衝撃によって誘起された深い圧縮残留応力は、全般的に約50-150 KPSI (キロポンド/平方吋)であって、レーザ衝撃ピーニング面54から、レーザ衝撃によって誘起された圧縮残留応力が加えられた領域56の中に約20-50ミルの深さに入込んで

いる。レーザ・ビーム衝撃によって誘起された深い圧縮残留応力は、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面 5 5 に対して±数ミル以内の焦点外れの高エネルギー

のレーザ・ビーム 2 を反復的に発射する事によって発生される。典型的には、レーザ・ビーム 2 は、ギガワット／ cm^2 級程度の尖頭エネルギー密度を持ち、テープ貼り面 5 5 の上に流される流水のカーテン 2 1 を介して発射される。削摩層が削摩され、プラズマを発生し、その結果材料の表面に衝撃波が発生する。こういう衝撃波が流水のカーテンによってテープ貼り面に差し向けられ、テープ貼り面の下方にある材料内に進行衝撃波（圧力波）を発生する。こういう衝撃波の振幅及び量が、圧縮応力の深さ及び強度を決定する。テープは、標的面を保護する為並びにプラズマを発生する為に使われる。削摩されたテープ材料が流水のカーテンによって洗い流される。

第 4 図に示すように、レーザは逐次的に「走間に」発射して、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼りした面 5 5 が、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼りした面 5 5 で、1 つより多くの順序の発射を受けるようにする事が出来る。この発明の好ましい実施例の方法は、テープ貼りした面に対してレーザ・ビームを連続的に発射しながら羽根を連続的に移動して、隣接したレーザ衝撃ピーニングを受けた円形スポットが異なる順序で命中するようにする事が出来る。然し、この代わりに、ビームと面の間の相対的な移動が行われるならば、レーザ・ビームを移動しても良い。

第 4 図及び第 5 図は、このような 4 つの順序 S 1 乃至 S 4 のレーザ衝撃ピーニングを受けた円形スポット 5 8（円で示す）のパターンを示す。隣接していないレーザ衝撃ピーニングを受けた円形スポット 5 8 の対応する中心 X が列の中心線 6 2 にあるという特徴を例示する為に、S 1 順序が実線の円で示され、これに対して他の順序は破線の円で示されている。複数の順序のパターンがレーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面 5 5 の全体を覆っている。レーザ衝撃ピーニングを受けた円形スポット 5 8 は、重なり合うレーザ衝撃ピーニングを受けた円形スポットの列 6 4 内で直径 D を持っている。このパターンは、レーザ衝撃ピーニング用のテープ貼り面 5 5 上の重なり合う衝撃ピーニングを受けた円形スポットの多数

の重なり合う列 64 であって良い。第 1 の重なりは、所定の列内の隣接したレーザー衝撃ピーニングを受けた円形スポット 58 の間にあり、全体的に、隣接したレーザー衝撃ピーニングを受けた円形スポット 58 の中心 X の間の第 1 のずれ O1 に

よって定められ、直径 D の約 30% - 50% 又はそれ以上に亘って変わり得る。第 2 の重なりは、隣接する列内の隣接するレーザー衝撃ピーニングを受けた円形スポット 58 間にあり、隣接する列の中心線 62 の間の第 2 のずれ O2 によって全般的に限定され、レーザー・ビームの用途と強度又はなだらかさに応じて、直径 D の約 30% - 50% に亘って変わり得る。第 3 の重なりは、隣接した列 64 にある隣接したレーザー衝撃ピーニングを受けた円形スポット 58 の中心 X の間の直線的なずれ O3 の形であって、特定の用途に応じて、直径 D の約 30% - 50% に亘って変わり得る。

この方法は、エーロフォイルの表面には目立った影響又は損傷が全くなしに、未使用又は未使用に近いテープだけが削摩されるように設計されている。これは、羽根の動作に望ましくない空気力学的な影響を他の形で起こすかもしれないような、レーザーによる小さな汚点又は再溶解部でも出来ないようにする為である。パターン全体を覆うにはいくつかの順序が必要になる事があり、レーザー発射の各々の順序の合間にレーザー衝撃ピーニング面 54 のテープの貼り直しが行われる。各々の順序を発射するレーザーは、いくつかのレーザー発射又はパルスを持ち、発射の間にはよく「レップ」と呼ばれる期間を置く。レップの間、次のパルスが次のレーザー衝撃ピーニングを受ける円形スポット 58 の場所で発生するように、部品を移動する。部品を連続的に移動すると共に、レーザー・ビームのパルス又は発射の時に適切な場所にあるようにタイミングを計るのが好ましい。各々の順序の 1 回又は更に多くの繰返しを使って、各々のレーザー衝撃ピーニングを受ける円形スポット 58 に 1 回よりも多く命中させる事が出来る。これによって、各々の発射又はレーザー・パルスに一層少ないレーザー・エネルギーを使う事が出来る。

この発明の 1 例は、長さ約 11 時のエーロフォイル、約 3.5 時の弦 C、及び前縁 LE に沿って長さ約 2 時のレーザー衝撃ピーニング面を持つファン羽根 8 である。レーザー衝撃ピーニング面 54 の幅 (W1) は約 0.5 時である。前縁 LE に

最も近い第 1 列 6 4 のレーザ衝撃ピーニングを受ける円形スポット 5 8 は、レーザ・スポットの直径 D の約 2 0 %、即ち、約 0. 2 7 吋だけ、前縁の先に延びており、こうして、前縁から約 0. 5 4 吋伸びる、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 の下方の予め応力が加えられる領域 5 6 に深い圧縮残留応力を加える。連続的なレ

ーザ発射の 4 つの順序及び羽根の移動を使う。レーザのレップの間の発射が、削摩されていないテープを貼った面上にあるスポット 5 8 に対してなされ、これは各々の順序の合間にテープの貼り直しを必要とする。各々のスポット 5 8 に 3 回命中し、その為、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 の合計 1 2 回のテープ貼り及び貼り直しに対し、4 回の順序を 3 組使う。

第 5 図には、この発明によるレーザ衝撃ピーニング過程の別の実施例が示されている。この過程は、5 列のレーザ衝撃ピーニングを受けるスポットを使い、レーザ衝撃ピーニング面 5 4 の区域全体を S 1、S 2、S 3 及び S 4 で表す 4 つの順序でカバーする事により、ファン羽根の前縁の全部又は一部分をレーザ衝撃ピーニングする為に使う事が出来る。レーザ衝撃ピーニング過程が最初の順序から開始される。この順序では、羽根を連続的に移動し、レーザ・ビームを連続的に発射し又はパルス駆動する間に、順序 1 で、4 つ毎のスポットがレーザ衝撃ピーニングを受ける。部品は S 1 のような所定の順序で、隣接したレーザ衝撃ピーニングを受けるスポットの間を移動するように調時される。このタイミングは、羽根に対する連続的なレーザ発射のパルスの間のレップと一致する。5 列全部の重なり合うレーザ衝撃ピーニングを受ける円形スポット 5 8 は、或る距離だけ隔たった各々の順序のスポットを含んでおり、この為レーザ衝撃ピーニングを受ける同じ順序の他の円形スポットは、その周りのテープに影響しない。順序 1 の前に最初のテープ貼りが行われるが、この順序 1 が、図 4 では完全な円で示されており、これに対して順序 S 2、S 3 及び S 4 などにおける他のレーザ衝撃ピーニングを受けるスポットは、破線、一点鎖線及び二点鎖線で示されている。順序 S 1 及び順序 S 2 の間のように、次の順序の前に、レーザ衝撃ピーニングを加えようとするレーザ衝撃ピーニング面 5 4 の区域全体にテープを貼り直す。このようにテープを貼り直す手順により、レーザ衝撃ピーニング面の裸の金属に直接的にレ

【図 2】

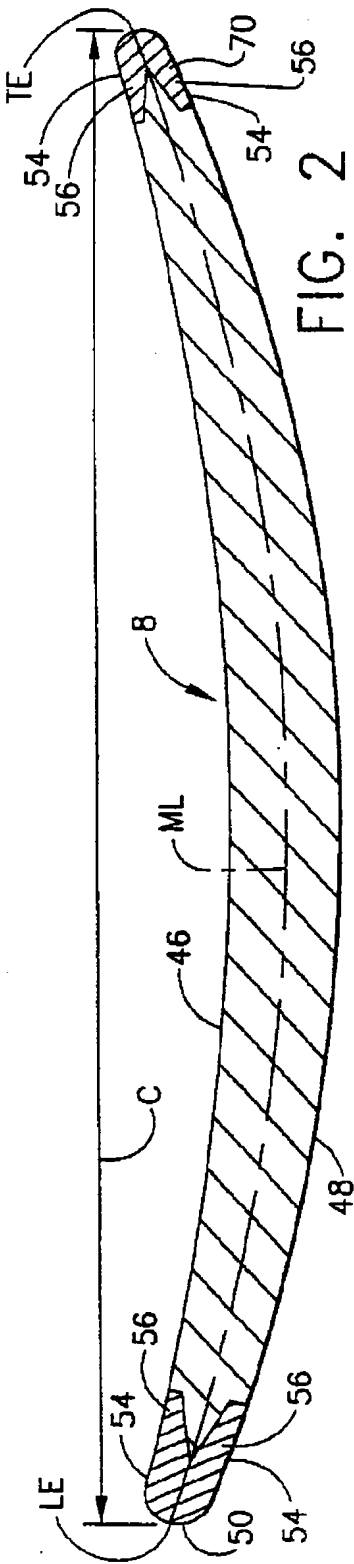


FIG. 2

【図 3】

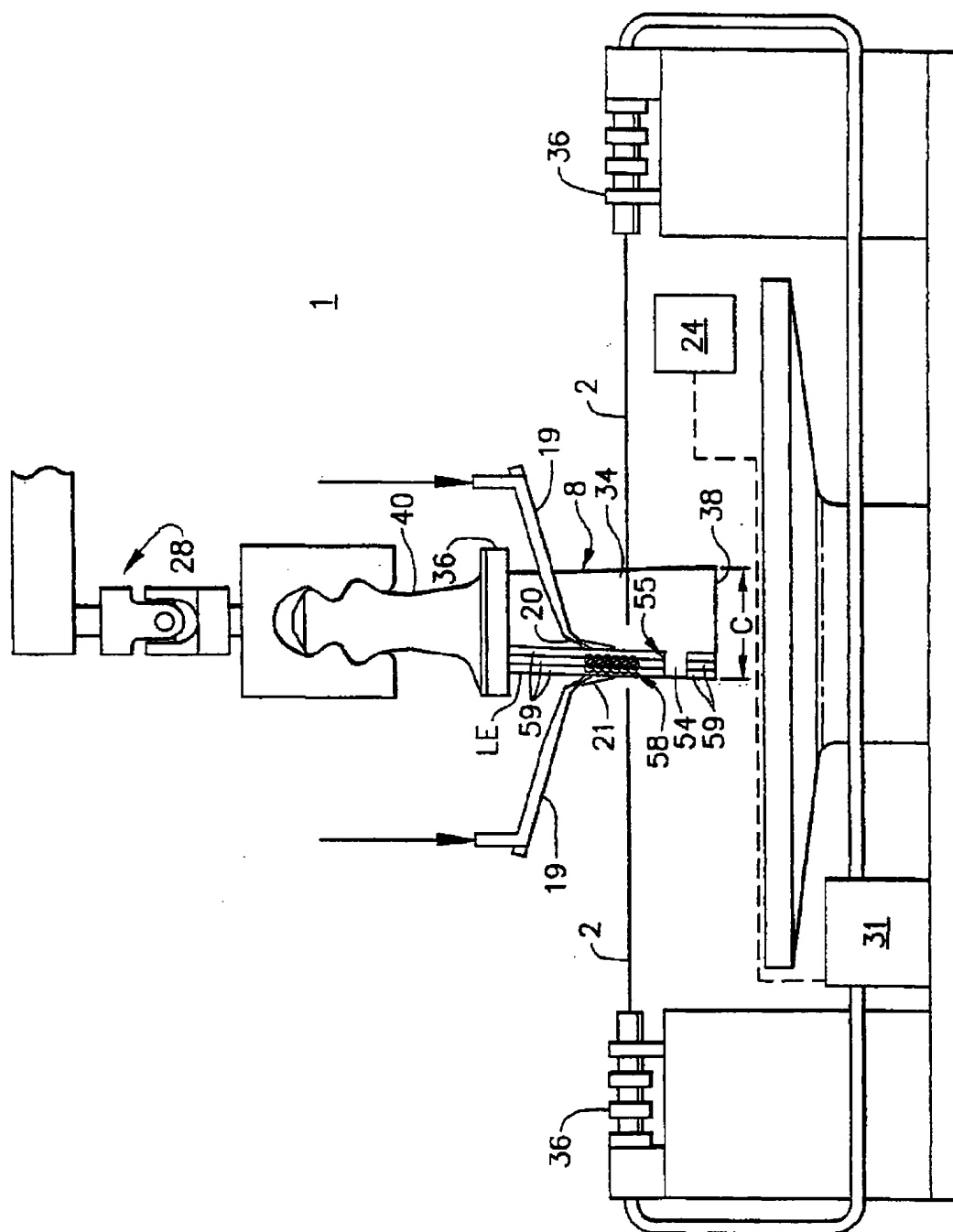


FIG. 3

【図 3 A】

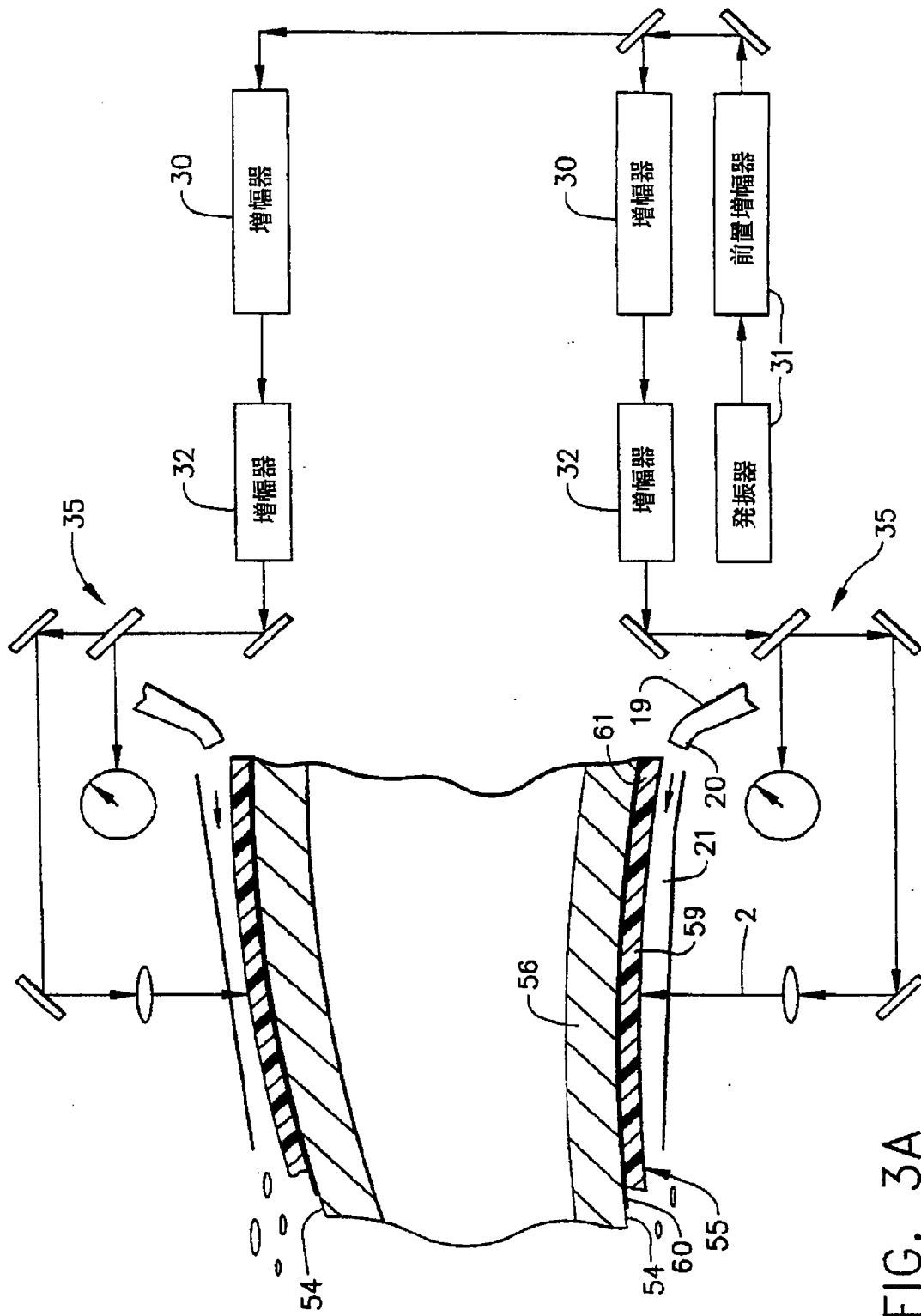


FIG. 3A

【图4】

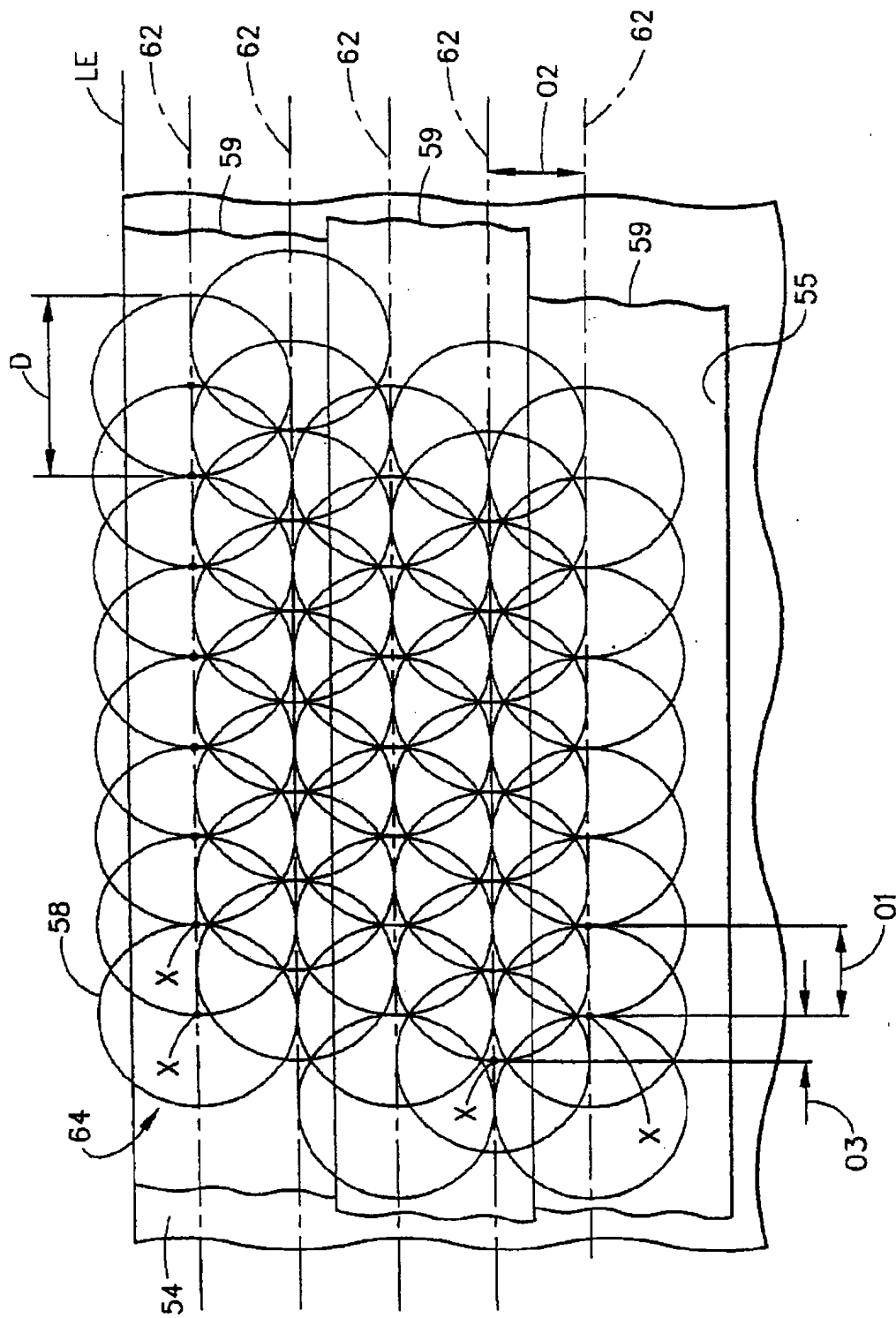


FIG. 4

【图 5】

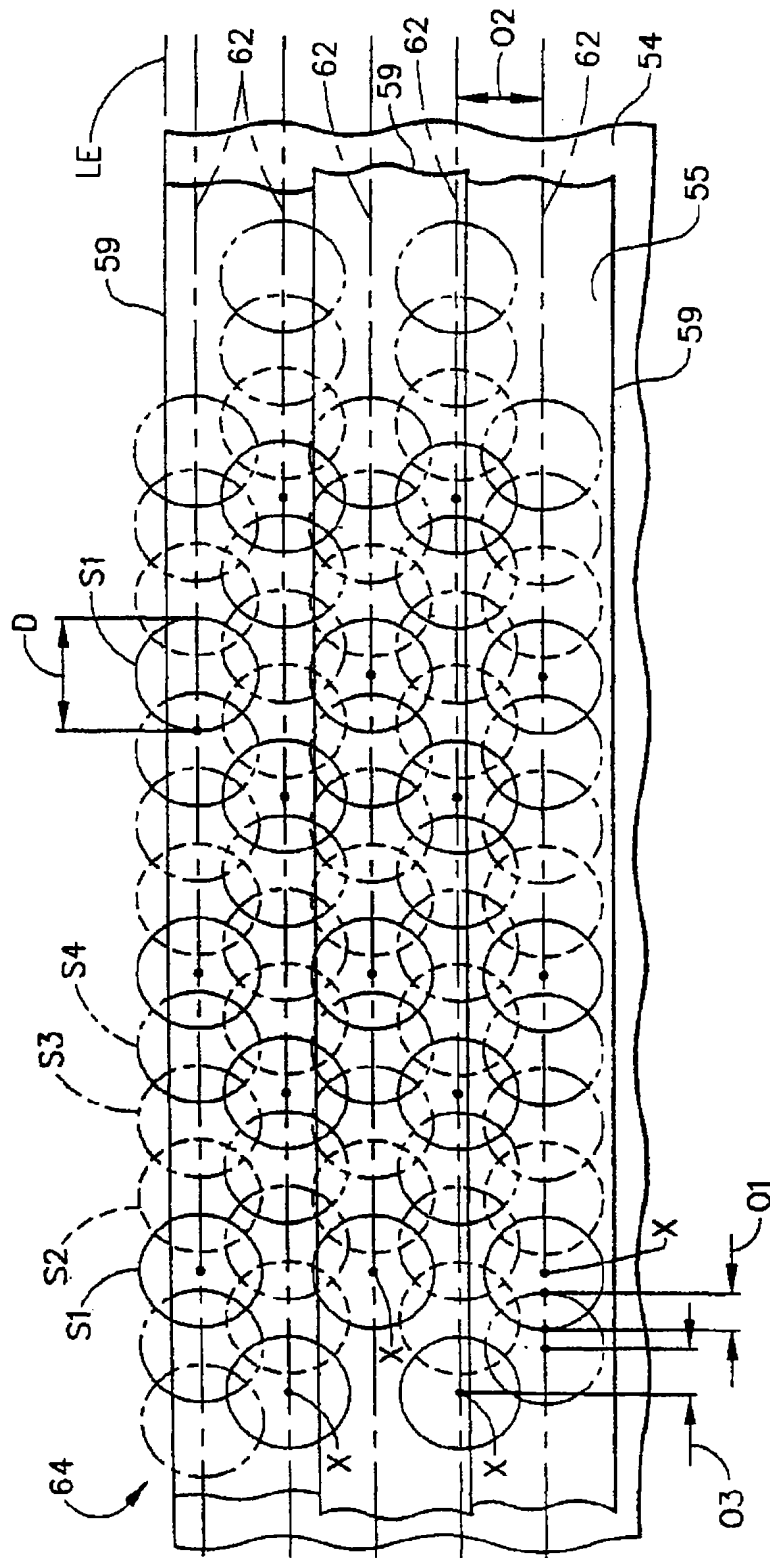


FIG. 5

【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 97/07019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 C21D18/08 C22F3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 C21D C22F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 91 11538 A (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE) 8 August 1991 cited in the application ---	
A	EP 0 666 325 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 9 August 1995 ---	
A	EP 0 085 278 A (BATTELLE DEVELOPMENT CORP) 10 August 1983 ---	
A	US 4 937 421 A (ORTIZ JR ANGEL L ET AL) 26 June 1990 cited in the application ---	
A	US 4 401 477 A (CLAUER ALLAN H ET AL) 30 August 1983 cited in the application ---	
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 August 1997

Date of mailing of the international search report

05.09.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5118 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInter national Application No
PCT/US 97/07019

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 850 698 A (MALLOZZI P ET AL) 26 November 1974 cited in the application -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 information on patent family members

 International Application No.
PCT/US 97/07019

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9111538 A	08-08-91	AT 124465 T CA 2072070 A DE 69020581 D DE 69020581 T EP 0510124 A ES 2075435 T JP 5503738 T US 5127019 A US 5131957 A	15-07-95 12-07-91 03-08-95 07-12-95 28-10-92 01-10-95 17-06-93 30-06-92 21-07-92
EP 0666326 A	09-08-95	JP 8112681 A US 5571575 A	07-05-96 05-11-96
EP 0085278 A	10-08-83	NONE	
US 4937421 A	26-06-90	NONE	
US 4401477 A	30-08-83	CA 1215298 A EP 0094912 A JP 6013725 B JP 58207321 A	16-12-86 23-11-83 23-02-94 02-12-83
US 3850698 A	26-11-74	NONE	

フロントページの続き

- (72)発明者 イートン, ロバート・レスリ
アメリカ合衆国、45241、オハイオ州、シ
ンシナティ、ベニントン・ドライブ、9965
番
- (72)発明者 マックダニエル, アルバート・エヴァリッ
ト
アメリカ合衆国、45242、オハイオ州、シ
ンシナティ、クーパーメドウ・レーン、
13055番
- (72)発明者 ルージー, ジェフリー・デイヴィッド
アメリカ合衆国、45215、オハイオ州、シ
ンシナティ、レインボウ・リッジ、216
番